

11046 U.S. PTO
10/004537
12/06/01



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Industrial
Property Office.

출원 번호 :
Application Number

특허출원 2000년 제 73924 호

출원 년 월 일 :
Date of Application

2000년 12월 06일

출원 인 :
Applicant(s)

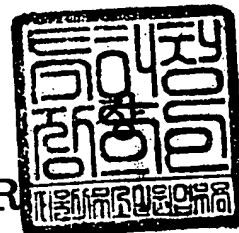
삼성전자 주식회사

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**



2000 년 12 월 19 일

특 허 청
COMMISSIONER



【서류명】 특허출원서
【권리구분】 특허
【수신처】 특허청장
【제출일자】 2000.12.06
【발명의 명칭】 오에프디엠 신호의 수신 장치 및 채널 추정을 통한 신호 복원 방법
【발명의 영문명칭】 Apparatus for receiving of OFDM signals and Method for recovering of signals by estimating channel
【출원인】
【명칭】 삼성전자 주식회사
【출원인코드】 1-1998-104271-3
【대리인】
【성명】 정홍식
【대리인코드】 9-1998-000543-3
【포괄위임등록번호】 2000-046970-1
【발명자】
【성명의 국문표기】 김동규
【성명의 영문표기】 KIM,DONG KYU
【주민등록번호】 690921-1122621
【우편번호】 613-101
【주소】 부산광역시 수영구 광안1동 1055-66호 23통 1반
【국적】 KR
【취지】 특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대리인 정홍식 (인)
【수수료】
【기본출원료】 20 면 29,000 원
【가산출원료】 10 면 10,000 원
【우선권주장료】 0 건 0 원
【심사청구료】 0 항 0 원
【합계】 39,000 원
【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)_1통 2. 위임장_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 오에프디엠 신호의 수신 장치에 관한 것으로서, 수신 신호를 A/D 변환하여 출력하는 ADC와, ADC로부터 입력된 값의 샘플링 클럭을 제어하여 심볼 시작점을 검출한 후 출력하는 제어장치와, 제어장치로부터 입력된 심볼을 푸리에 변환하여 출력하는 FFT와, FFT로부터 입력된 심볼의 공통 위상잡음과 샘플링 클럭 오프셋량을 계산하여 보상한 후 채널추정수단에 출력하고 샘플링 클럭 오프셋량은 제어장치에 출력하는 연산장치와, 연산장치에서 출력된 값을 통하여 채널특성을 추정하는 채널추정수단과, 채널추정수단에서 출력된 채널특성의 추정값을 기반으로 수신 신호의 왜곡을 보상하는 등화장치로 구성된 오에프디엠 신호의 수신장치이며, 샘플링 클럭 오프셋량과 공통 위상잡음을 추정하여 샘플링 타이밍을 제어하며, 동시에 부반송파에 존재하는 위상 왜곡을 보상하여 전송 채널 특성을 추정하므로, 오에프디엠 심볼을 보다 정확하게 복원할 수 있다.

【대표도】

도 3

【명세서】

【발명의 명칭】

오에프디엠 신호의 수신 장치 및 채널 추정을 통한 신호 복원 방법{Apparatus for receiving of OFDM signals and Method for recovering of signals by estimating channel}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 종래기술에 따른 OFDM 수신장치를 도시한 블록도.

도 2a는 전송 채널을 경유한 m 번째 심볼의 k 번째 부반송파의 수신시 발생하는 위상 변화의 예를 도시한 그래프.

도 2b는 전송 채널을 경유한 m+1 번째 심볼의 k 번째 부반송파의 수신시 발생하는 위상 변화의 예를 도시한 그래프.

도 2c는 도 2a와 도 2b의 m 번째 심볼과 m+1 번째 심볼의 k 번째 부반송파 각각에 발생하는 위상의 차를 도시한 그래프.

도 3은 본 발명에 따른 오에프디엠 수신 장치를 도시한 블록도.

도 4는 도 3의 1실시예에 따른 오에프디엠 수신 장치를 도시한 블록도.

도 5는 도 3에 따른 오에프디엠 수신 신호의 전송 채널 추정을 통한 신호 복원과정을 도시한 블록.

도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

20 : 아날로그-디지털 변환수단

21 : 보간수단

22 : 검출수단

23 : 푸리에 변환수단

24 : 지연수단

26, 27 : 저장수단

28 : 위상 왜곡 추정수단

29 : 위상 왜곡 보상수단

30 : 제어수단

31 : 채널특성 추정수단

100 : 제어장치

200 : 연산장치

300 : 등화장치

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<16> 본 발명은 오에프디엠 신호의 수신 장치 및 채널 추정을 통한 신호 복원 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 신호가 전송되는 채널의 특성을 추정하여 신호를 복원하는 오에프디엠 신호의 수신 장치 및 채널 추정을 통한 신호 복원 방법에 관한 것이다.

<17> 오에프디엠(OFDM; Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 변조 즉, 직교 주파수 분할 다중 변조는 직렬로 입력된 데이터를 병렬로 변환하여 역푸리에 변환(IFFT:Inverse Fast Fourier Transform)을 수행한 후, 직렬로 다시 변환하여 수신단으로 전송하는 변조방식이다.

<18> 도 1은 종래기술에 따른 오에프디엠 수신장치의 구성을 도시한 블록도이다.

<19> 도 1을 참조하면, 연속 수신된 오에프디엠 신호를 복원하는데 있어서, 종래의 오에프디엠 수신장치는 A/D변환을 위한 ADC(10)와, 오에프디엠 심볼의 시작 샘플을 검색하는 검출부(11)와, 푸리에 변환을 수행하는 고속 푸리에 변환(Fast

Fourier Transform : 이하 FFT라함)부(12)와, 수신된 심볼을 지연시키는 지연부(13)와, FFT 출력심볼을 순차적으로 각각 저장하는 제1 및 제2 저장부(15,16)와, 채널을 추정하는 채널추정부(17)와, 수신된 신호의 왜곡을 보상하는 등화기(14)로 구성된다.

- <20> 종래 오에프디엠 수신장치에서, ADC(10)는 입력된 아날로그 신호를 디지털로 변환하여 검출부(11)로 출력한다.
- <21> 검출부(11)는 ADC(10)로부터 수신된 샘플열에서 오에프디엠 심볼의 시작 샘플을 검출하여 FFT(12)로 출력한다.
- <22> FFT(12)는 검출부(11)로부터 입력된 샘플들에 푸리에 변환하여 제1 및 제2 저장부(15, 16)에 출력한다.
- <23> FFT(12)로부터 출력된 신호는 제1 및 제2 저장부(15, 16)에 저장된다.
- <24> 여기서, 제1 저장부(15)는 제2 저장부(16)를 통해 출력된 신호를 저장하도록 되어 있다. 따라서, 시간상으로 m 번째 심볼이 제1 저장부(15)에 저장되고, $m+1$ 번째 심볼이 제2 저장부(16)에 저장된다.
- <25> 채널추정부(17)에서는 상기 제1 및 제2 저장부(15,16)에 저장된 m 번째 및 $m+1$ 번째 심볼 평균값을 계산하여 채널특성을 추정한 후 등화기(14)에 보내고, 등화기(14)는 추정된 채널특성을 기반으로 지연부(13)를 통해 지연되어 수신된 m 번째 신호의 왜곡을 보상하는 동작을 수행한다.
- <26> 여기서, 채널(Channel)이란 장치들간의 정보 전달 통로를 의미하며, 이러한 통로는 물리적인 채널 뿐만 아니라, 여러 개의 논리적 채널이 존재할 수 있다.
- <27> 일반적으로 전송 채널특성은 송신 신호와 수신 신호를 이용하여 아래[수학식 1]과

같이 구할 수 있다.

<28> 【수학식 1】

$$H(k, m) = \frac{Y(k, m)}{X(k, m)}$$

<29> 여기서, $H(k, m)$ 는 m 번째 수신된 오에프디엠 심볼의 k 번째 부반송파 주파수에 대한 채널특성을 나타낸 함수이며, $X(k, m)$ 는 m 번째 수신된 오에프디엠 심볼의 k 번째 부반송파에 대한 송신신호의 특성을 나타낸 파라미터이고, $Y(k, m)$ 는 m 번째 수신된 오에프디엠 심볼의 k 번째 부반송파에 대한 수신신호의 특성을 나타낸 파라미터이다.

<30> 또한, 채널특성($H(k, m)$)에 대해 위상에 대한 파라미터로 표현하면 아래[수학식 2]와 같다.

<31> 【수학식 2】

$$H(k, m) = |H(k, m)| \cdot e^{j\phi_H(k, m)}$$

<32> 채널 특성은 [수학식 2]와 같이 부반송파 주파수(k)와 전송 시점(m)에 따라 달라진다. 전송신호에 미치는 영향을 보면, 전송신호의 크기는 $|H(k, m)|$ 배 만큼 변화하고 위상도 $\phi_H(k, m)$ 만큼 회전하면서 변하게 된다.

<33> 한편, 알려진 채널특성 추정 방식에 따라서, 수신된 m 및 $m+1$ 번째 심볼에 대해 [수학식 2]와 같이 부반송파의 송/수신 신호를 이용하여 각 채널 성질을 구한 후 아래[수학식 3]과 같이, 그 평균을 이용하여 m 번째 신호의 채널특성을 추정 할 수 있다.

<34> 【수학식 3】

$$H(k) = \frac{1}{2} \{H(k, m) + H(k, m+1)\}$$

<35> 그러나, 수신신호의 샘플링시 발생하는 샘플링 클럭 오프셋의 영향에 의해 매 샘플 구간에서 수신기의 샘플링 시점이 달라지며, 그 영향은 부반송파 사이에 간섭이 발생하여, 샘플링 시점에 대한 위상 변화가 부반송파 주파수에 비례하여 증가하게 된다. 이러한 현상을 고려한 위상 값은 아래[수학식 4]와 같다.

<36> 【수학식 4】

$$\Phi(k, m) = 2\pi k \times \frac{\tau_m}{NT} + \Phi_p(m) + \Phi_H(k)$$

<37> 여기서, $\Phi(k, m)$ 은 수신된 m 번째 심볼의 k 번째 부반송파에 발생하는 위상으로서, 샘플링 클럭 오프셋(τ_m)과 위상 잡음($\Phi_p(m)$) 그리고 전송채널에 의한 왜곡된 위상($\Phi_H(m)$)을 나타낸 것이며, 도2a와 같이 도시된다.

<38> 한편, $m+1$ 번째 심볼의 k 번째 부반송파에 발생하는 위상은 [수학식 4]를 이용하여 아래[수학식 5]와 같이 나타낼 수 있다.

<39> 【수학식 5】

$$\Phi(k, m+1) = 2\pi k \times \frac{\tau_{m+1}}{NT} + \Phi_p(m+1) + \Phi_H(k)$$

<40>

$$= 2\pi k \times \frac{\tau_m + \Delta\tau}{NT} + \Phi_p(m) + \Delta\Phi_p(m+1) + \Phi_H(k)$$

<41> 상기 [수학식 5]는 도 2b와 같이 도시되며, 샘플링 클럭 오프셋과 위상잡음이 [수학식 4]와 다르게 나타남을 알 수 있다.

<42> 따라서, 상기 [수학식 3]과 같이, 샘플링 클럭 타이밍에 의한 오프셋 량과 공통 위

상잡음의 영향을 고려하지 않은 수신 신호의 채널특성 추정방법으로는 전송 신호를 복원하기 위한 전송 채널 특성의 추정에 대한 정확도가 떨어진다.

- <43> 즉, 도2c에 도시한 바와 같이, 연속 수신된 m 및 $m+1$ 번째 오에프디엠 심볼 각 부반송파에 대한 위상 왜곡은 샘플링 클럭 타이밍에 의한 오프셋 량과 공통 위상 잡음으로 인하여 전송 채널 왜곡과 함께 서로 다른 위상을 갖게 되어, 종래의 오에프디엠 채널특성 추정 방법은 원 신호 복원에 대한 정확도가 떨어지는 문제가 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <44> 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해소하기 위하여, 수신된 오에프디엠 심볼로부터 샘플링 클럭 오프셋 량과 공통 위상잡음을 고려하여 채널특성을 보다 정밀하게 추정하고, 추정된 채널특성에 대응하여 수신된 신호를 복원하는 직교 주파수 분할 다중 신호의 수신 장치 및 채널 추정을 통한 신호 복원 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

【발명의 구성 및 작용】

- <45> 상기와 같은 목적을 달성하기 위해 본 발명에 따른 직교 주파수 분할 다중 신호의 수신 장치는, 순차적으로 수신된 오에프디엠 신호에서 m 번째 심볼과 $m+1$ 번째 심볼간의 상관 관계로부터 오에프디엠 신호의 전송 채널 특성을 추정하여 신호를 복원하는 오에프디엠 신호의 수신 장치에 있어서, 수신된 아날로그 상의 오에프디엠 신호를 디지털신호로 변환하는 ADC; 결정된 타이밍에 의해 발생된 샘플링 클럭에 따라 상기 ADC에서 출력되는 디지털신호를 샘플링하고, 샘플링된 값으로부터 심볼을 찾아 출력하는 제어장치; 상기 제어장치에서 출력된 심볼을 푸리에 변환하여 출력하는 FFT; 상기 FFT에서 출력된

심볼에 대해 공통 위상잡음과 상기 샘플링 클럭 타이밍에 대한 오프셋량을 산출하고, 산출된 값에 따라 상기 심볼을 보상하며, 상기 샘플링 클럭 타이밍에 대한 오프셋량을 상기 제어장치에 제공하는 연산장치; 상기 연산장치에서 보상되어 출력된 심볼을 통하여 채널 특성 값을 추정하는 채널추정수단; 상기 채널추정수단에서 출력된 채널특성 값을 기반으로, 상기 FFT로부터 출력된 심볼의 채널 왜곡을 보상하는 등화장치;를 구비한다.

<46> 또한, 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 오에프디엠 신호의 채널추정을 통한 신호 복원방법은 순차적으로 수신된 오에프디엠 신호에 대해 m 번째 심볼과 $m+1$ 번째 심볼간의 상관관계를 구해 오에프디엠 신호의 채널추정을 통해 신호를 복원하는 방법에 있어서, 수신된 오에프디엠 심볼을 순차적으로 디지털로 변환하는 제1 단계; 상기 디지털로 변환된 신호를 심볼단위로 검출하여 푸리에 변환하여 순차적으로 출력하는 제2 단계; 상기 푸리에 변환되어 순차적으로 출력된 상기 m 과 $m+1$ 번째 심볼을 통해 샘플링 클럭 오프셋량과 공통 위상잡음을 추정하여 $m+1$ 번째 심볼을 보상하는 제3 단계; 상기 보상된 $m+1$ 번째 심볼을 기반으로 m 번째 심볼의 채널특성을 추정하여 수신되어 FFT 변환된 m 번째 신호의 왜곡을 보상하는 제4 단계;를 포함한다.

<47> 또 다른 측면에 따르면 본 발명에 따른 오에프디엠 신호의 채널 추정을 통한 신호 복원 방법은 샘플링 클럭 오프셋량과 공통 위상잡음을 추정하는 단계; 추정된 상기 샘플링 오프셋량에 따라 상기 오에프디엠 신호의 샘플링 타이밍을 결정하는 단계; 오에프디엠 수신시 샘플링 클럭 오프셋에 의해 발생한 상기 오에프디엠 부반송파의 회전된 위상을 보상하는 단계;를 포함한다.

<48> 이하, 본 발명에 따른 오에프디엠 수신장치를 첨부된 도면을 참조하여 설명한다.

<49> 도 3은 본 발명에 따른 오에프디엠 수신장치를 도시한 블록도이고, 도 4는 도 3의

일부 요소에 대한 바람직한 실시예에 따른 구성을 나타낸 블록도이다.

- <50> 도면을 참조하면, 오에프디엠수신장치는 ADC(20), 제어장치(100), FFT(23), 연산장치(200), 채널추정 수단인 채널추정부(31), 등화장치(300)를 구비한다. 여기서, 시간상 선 수신된 m 번째 신호와, 후 수신된 $m+1$ 번째 신호를 설명의 용이함을 위해 함께 기입하기로 한다. 참고로, f_1 은 푸리에 변환한 오에프디엠 부반송파이고, f_2 는 푸리에 변환된 오에프디엠 부반송파의 샘플링 클럭 오프셋량과 공통 위상잡음을 보상한 부반송파이다.
- <51> ADC(20)는 수신 신호를 A/D 변환하여 출력한다.
- <52> 제어장치(100)는 ADC(20)로부터 출력된 디지털 값에 대해 결정된 타이밍의 샘플링 클럭에 따라 샘플링하고, 샘플링된 값에 대해 심볼단위로 FFT(23)에 출력한다.
- <53> FFT(23)는 제어장치(100)로부터 출력된 심볼을 푸리에 변환하여 연산장치(200)와 등화장치(300)로 출력한다.
- <54> 연산장치(200)는 FFT(23)로부터 출력된 심볼의 공통 위상잡음과 샘플링 클럭 오프셋량을 산출하여 그 값에 따라 심볼을 보정한 후 채널추정수단(31)에 출력하고, 산출된 샘플링 클럭 오프셋량을 제어장치(100)에 출력한다.
- <55> 채널추정수단(31)은 연산장치(200)로부터 보상되어 출력된 값을 통하여 채널특성을 추정하고, 등화장치(300)는 채널추정수단(31)으로부터 출력된 채널특성 추정값을 기반으로 FFT(23)에서 출력된 수신 신호의 왜곡을 보상하는 동작을 수행한다.
- <56> 도 4는 도 3의 오에프디엠 신호 수신장치의 일부 요소에 대한 바람직한 실시예를 도시한 블록도이다

- <57> 도 4를 참조하면, 상기 제어장치(100)는 제어수단인 제어부(30), 보간 수단인 보간부(21), 검출수단인 검출부(22)를 구비한다.
- <58> 여기서, 제어수단(30)은 수신장치의 샘플링 클럭 타이밍을 결정하고, 보간 수단(21)은 적정 샘플링 시점에 해당하는 값을 계산하며, 검출수단(22)은 오에프디엠 시작 샘플을 찾아 FFT(23)에 출력한다.
- <59> 상기 연산장치(200)는 저장수단인 제1 및 제2 저장부(26, 27), 추정수단인 추정부(28), 보상수단인 보상부(29)를 구비한다. 여기서, 저장수단(제1 및 제2 저장수단(26, 27))은 FFT(23)로부터 출력된 오에프디엠 심볼을 저장하고; 추정수단(28)은 심볼의 샘플링 클럭 오프셋량과 공통 위상잡음을 산출하며, 보상수단(29)은 심볼의 샘플링 클럭 오프셋량과 공통 위상잡음을 보상한다.
- <60> 상기 등화장치(300)는 지연수단인 지연부(24)와 등화수단인 등화기(25)를 구비한다. 여기서, 지연수단(24)은 채널을 추정하는 동안 FFT로부터 출력된 신호를 지연시켜 채널추정수단(31)에서 채널특성 추정 값을 출력하면, 동시에 이 신호를 출력한다. 등화수단(25)은 추정된 채널특성을 기반으로 수신신호의 왜곡을 보상한다.
- <61> 상기 실시예에서 동작 순서에 따른 블럭별 기능을 보다 상세히 설명하면,
- <62> ADC(20)는 순차적으로 수신된 아날로그 신호를 디지털로 변환하여 보간수단(21)에 출력하고, 보간수단(21)은 결정된 샘플링 타이밍에 따라 적정 샘플링 클럭에 맞춰 ADC(20)에서 출력된 디지털 값을 샘플링 하여 검출수단(22)에 출력하며, 검출수단(22)에서는 보간 수단(21)에서 출력된 값으로부터 오에프디엠 심볼의 시작 위치를 검출하여 심볼단위로 FFT(23)에 출력한다.

- <63> FFT(23)는 순차적으로 입력된 m 과 $m+1$ 번째 심볼을 푸리에 변환하여 제1 및 제2 저장수단(26, 27)에 출력한다. FFT(23)로부터 출력된 심볼은 제1 및 제2 저장수단(26, 27)에 저장된다.
- <64> 여기서, 제1 저장수단(26)은 제2 저장수단(27)을 통해 출력된 심볼을 저장하도록 되어있다. 따라서, 시간상 m 번째 심볼이 제1 저장수단(26)에 저장되고, $m+1$ 번째 심볼이 제2 저장수단(27)에 저장된다. 추정수단(28)은 상기 제1 및 제2 저장수단(26, 27)에 저장된 m 번째 및 $m+1$ 번째 심볼을 통하여 m 번째 심볼의 공통 위상잡음(const_2)과 샘플링 클럭 오프셋 (const_1)의 영향을 계산한 후 그 추정치를 보상수단(29)에 출력한다.
- <65> 이때, 제2 저장수단(27)은 저장된 $m+1$ 번째 심볼을 보상수단(29)에 출력하고, 보상수단(29)에서는 수신된 $m+1$ 번째 심볼과 추정수단(28)에서 출력된 공통 위상잡음과 샘플링 클럭 오프셋량을 통하여 $m+1$ 번째 심볼의 공통 위상잡음과 샘플링 클럭 오프셋량을 보상하여 채널추정수단(31)으로 출력한다.
- <66> 한편, 제1 저장수단(26)에서는 m 번째 심볼을 채널추정수단(31)에 출력하고, 채널추정수단(31)은 보상수단(29)에서 출력한 보상된 $m+1$ 번째 심볼을 통하여, 수신된 m 번째 심볼의 채널특성을 추정하여 등화수단(25)으로 출력한다.
- <67> 이때, 지연수단(24)에서는 지연시킨 m 번째 신호를 등화수단(25)으로 출력하고, 등화수단(25)은 추정된 채널특성을 기반으로 m 번째 신호의 왜곡을 보상한다.
- <68> 한편, 제어수단(30)은 m 번째 심볼의 추정된 샘플링 클럭의 타이밍에 대한 오프셋량(const_1)에 대응하여 보간 수단(21)에 대한 적정 샘플링 타이밍을 제어하는 일련의 과정으로 동작한다.

- <69> 이하, 도 5를 참조하여 본 발명에 따른 오에프디엠 신호의 채널추정을 통한 신호 복원 과정을 보다 상세하게 설명한다.
- <70> 이하의 설명에서는 순차적으로 수신된 m 번째 심볼과 $m+1$ 번째 심볼간의 상관관계를 기반으로 오에프디엠 신호의 채널추정을 통하여 신호를 복원한다.
- <71> 이를 보다 상세하게 살펴보면, 먼저, 순차적으로 전송되는 수신된 아날로그 상의 오에프디엠 신호를 디지털로 변환한다(S100).
- <72> 다음으로 순차적으로 출력되는 디지털 신호에 대해 결정된 샘플링 타이밍에 따라 샘플링하고, 샘플링된 값으로부터 심볼단위로 출력한다(S120).
- <73> 후속하여 순차적으로 출력되는 심볼에 대해 푸리에 변환한다(S140).
- <74> 푸리에 변환단계(S140)를 거쳐 순차적으로 출력된 심볼중 m 번째 심볼과 $m+1$ 번째 심볼로부터 샘플링 클럭 오프셋 량과 공통 위상잡음을 추정하고, 이로부터 $m+1$ 번째 심볼의 왜곡된 샘플링 클럭 오프셋 량과 공통 위상잡음을 보상한다(S160).
- <75> 한편, 보상단계(S160)를 통해 추정된 m 번째 심볼의 샘플링 클럭 오프셋 량으로부터 다음 사이클용 샘플링 타이밍을 결정한다(S180). 여기서 다음 사이클용 샘플링 타이밍이란, 현재 수행하고 있는 오에프디엠 신호에 대한 단계 100 내지 단계 240이 순차적으로 선 수신된 m 번째 신호에 대한 것이라면 순차적으로 후 수신된 $m+1$ 번째 신호에 대한 단계 100 내지 단계 240을 수행 하는 데에 있어서 $m+1$ 번째 수신된 신호에 대한 샘플링을 수행하는데 반영하기 위한 것이다.
- <76> 한편, 보상된 $m+1$ 번째 심볼을 통해 m 번째 심볼의 채널특성을 추정한다(S200).
- <77> 추정된 채널 특성을 단계 140에서 푸리에 변환되어 출력된 m 번째 심볼에 반영하여

m 번째 신호를 복원한다(S240).

<78> 이하에서는 샘플링 클럭 오프셋 량과 공통 위상잡음의 보상과정 및 전송 채널특성의 추정을 통한 신호 복원 방법을 도 3에 표기된 수학적식을 통하여 보다 상세하게 설명하기로 한다.

<79> 설명의 중복을 피하기 위하여 앞서 설명된 수학적식의 일부를 이용한다.

<80> 먼저, [수학적식 5]에서 [수학적식 4]를 감산하면, 아래[수학적식 6]이 산출된다.

<81> 【수학적식 6】

$$\Delta\Phi(k)=\Phi(k,m+1)-\Phi(k,m)$$

$$\begin{aligned} <82> \\ &= \left\{ 2\pi k \times \frac{\tau_m + \Delta\tau}{NT} + \Phi_p(m) + \Delta\Phi_p(m+1) + \Phi_H(k) \right\} - \left\{ 2\pi k \times \frac{\tau_m}{NT} + \Phi_p(m) + \Phi_H(k) \right\} \end{aligned}$$

$$<83> \\ = 2\pi k \times \frac{\Delta\tau}{NT} + \Delta\Phi_p(m+1)$$

<84> 상기[수학적식 6]은 k 번째 부반송파에 대하여 연속된 m과 m+1 번째 오에프디엠 심볼간에 발생한 위상 차를 의미한다. 채널의 변화가 느릴 경우, 연속된 두 심볼간의 채널변화를 무시할 수 있으므로 채널 특성(Φ_H)은 상쇄되고, 샘플링 클럭 오프셋의 영향($\Delta\tau$)과 각 심볼에 발생한 위상잡음의 영향($\Delta\Phi_p(m+1)$)만 존재한다. 샘플링 클럭 오프셋에 의하여 각 부반송파가 회전하는 위상 크기는 부반송파의 주파수 순서에 비례하여 증가([수학적식 6]의 우변 첫째 항)하며, 위상 잡음에 의한 공통 위상잡음의 위상 크기는 모든 부반송파에 대하여 동일함([수학적식 6]의 우변 둘째 항)을 알 수 있다.

<85> 이때, k+δ 번째 심볼간의 위상차는 [수학적식 6]에 대입하여 아래[수학적식 7]과 같이 산출 될 수 있다.

<86> 【수학식 7】

$$\Delta\Phi(k+\delta)=\Phi(k+\delta, m+1)-\Phi(k+\delta, m)=2\pi(k+\delta)\times\frac{\Delta\tau}{NT}+\Delta\Phi_p(m+1)$$

<87> 여기서, 본 발명에 따른 공통 위상잡음과 샘플링 클럭 타이밍에 의한 오프셋량을 계산하는 추정수단(28)에 대해 상세히 설명하기로 한다.

<88> [수학식 7]에서 [수학식 6] 감산하면 아래[수학식 8]과 같이 산출된다.

<89> 【수학식 8】

$$\Delta\Phi(k+\delta)-\Delta\Phi(k)=2\pi\delta\times\frac{\Delta\tau}{NT}=const_1$$

<90> 상기[수학식 8]에 따르면, 위상 잡음에 의한 영향은 상쇄되고 심볼간 샘플링 타이밍 변화($\Delta\tau$)에 의한 위상변화량만 존재함을 알 수 있다. 이 값은 상수값(constant:이하, $const_1$ 로 표기)을 가지므로 [수학식 8]을 아래[수학식 9]와 같이 재정리할 수 있다.

<91> 【수학식 9】

$$2\pi\times\frac{\Delta\tau}{NT}=\frac{1}{\delta}\times const_1$$

<92> 따라서, 상기 [수학식 9]를 통하여 샘플링 클럭 타이밍에 의한 오프셋량을 추정할 수 있다. 이 값을 기반으로 제어수단(30)에서는 보간 수단(21)을 통하여 수신기의 적정 샘플링 클럭에 대한 타이밍을 제어하며, 동시에 샘플링 클럭 오프셋과 공통 위상잡음의 영향으로 발생하는 각 부반송파의 위상회전을 보상한다.

<93> 한편, [수학식 6]에 [수학식 9]를 대입하면 아래[수학식 10]과 같이 표현할 수 있다.

<94> 【수학식 10】

$$\Delta\Phi(k)-2\pi k\times\frac{\Delta\tau}{NT}=\Delta\Phi(k)-\frac{1}{\delta}\times const_1=\Delta\Phi_p(m+1)=const_2$$

<95> 여기서, m 번째 심볼과 $m+1$ 번째 심볼간 위상잡음에 의한 공통 위상잡음의 크기는 상수(constant:이하, const_2 로 표기)값으로 구할 수 있으며, 재정리하면 아래[수학식 11]과 같다.

<96> 【수학식 11】

$$\Phi_p(m+1) = \Phi_p(m) + \Delta \Phi_p(m+1) = \Phi_p(m) + \text{const}_2$$

<97> 한편, 상기 [수학식 4]에서 잡음($\Phi_w(k,m)$)을 고려한다면, 아래[수학식 12]와 같이 표현할 수 있다.

<98> 【수학식 12】

$$\Phi(k,m) = 2\pi k \times \frac{\tau_m}{NT} + \Phi_p(m) + \Phi_H(k) + \Phi_w(k,m)$$

<99> 결국, 연속 수신된 m 번째 심볼과 $m+1$ 번째 심볼간에 발생한 샘플링 클럭 오프셋에 의한 위상변화의 차와 위상잡음에 의한 위상변화 차를 구한(추정수단(28)) 후, 수신된 $m+1$ 번째 심볼의 부반송파에 보상(보상수단(29))한다. 또한, 상기 $m+1$ 번째 심볼의 위상 변화량은 m 번째 심볼의 위상 변화량과 동일하여, 동일한 환경에서 채널을 추정할 수 있게 된다.

<100> 따라서, 상기 추정수단(28)에서는 아래[수학식 13]과 같이 $m+1$ 번째 심볼의 위상을 추정하기 위해, $m+1$ 번째 심볼의 k 번째 부반송파에 발생하는 위상($\Phi(k,m+1)$)에, m 및 $m+1$ 번째 심볼간 발생하는 위상차($\Delta \Phi(k)$)값을 보상해주면, $m+1$ 번째 심볼의 위상추정 값($\Phi'(k,m+1)$)을 구할 수 있다.

<101> 【수학식 13】

$$\Phi'(k,m+1) = \Phi(k,m+1) - 2\pi k \times \frac{\Delta \tau}{NT} - \Delta \Phi_p(m+1)$$

<102>

$$= 2\pi k \times \frac{\tau_m}{NT} + \Phi_p(m) + \Phi_H(k) + \Phi_w(k, m+1)$$

<103> 상기[수학식 12]와 [수학식 13]에서, 우변의 제 4항인 잡음에 의한 위상왜곡성분 $\{(\Phi_w(k, m)), (\Phi_w(k, m+1))\}$ 을 고려하면, m 및 m+1 번째 오에프디엠 심볼을 이용한 채널 추정에서 성능에 영향을 미치는 성분은 잡음에 의한 위상왜곡 성분만이 존재함을 알 수 있다.

<104> 상기 채널추정수단(31)에서는 아래[수학식 14]와 같이 m 번째 심볼과 보상된 m+1 번째 심볼의 평균값으로부터 m 번째 심볼의 채널특성을 추정할 수 있으며, 동시에 잡음의 영향을 줄일 수 있다.

<105> 【수학식 14】

$$\Phi_H^{\nabla}(k) = \frac{1}{2} \{ \Phi(k, m) + \Phi'(k, m+1) \}$$

<106> 따라서, 최종적인 채널의 위상 왜곡 성질은 m 번째 심볼의 k 번째 부반송파에 발생하는 위상에 대한 [수학식 12]와 m+1 번째 심볼의 k 번째 부반송파에 발생하는 위상의 추정에 대한[수학식 13]을 통하여 구할 수 있다.

<107> 또한, 매 심볼마다 샘플링 타이밍에 의한 오프셋 량이 다르므로 채널특성을 추정함과 동시에 샘플링 클럭 타이밍에 의한 오프셋 량을 제어장치에 계속적으로 피드 백 해주는 반복 동작을 수행한다.

<108> 따라서, 연속 수신된 m 번째 오에프디엠 심볼과 m+1 번째 오에프디엠 심볼을 이용하여 채널특성을 추정하기 전에 샘플링 클럭 오프셋 량을 추정하여 수신기의 샘플링 클럭 타이밍을 제어하고, 동시에 샘플링 클럭 오프셋 량과 공통 위상잡음의 영향으로 발생한 각 부반송파의 회전된 위상을 보상한다.

【발명의 효과】

<109> 지금까지 설명된 바와 같이, 본 발명에 따른 오에프디엠 신호의 수신 장치 및 채널 추정을 통한 신호 복원 방법에 의하면, 연속 수신된 m 번째 오에프디엠 심볼과 $m+1$ 번째 오에프디엠 심볼을 이용하여 샘플링 클럭 오프셋량을 추정하고 수신기의 샘플링 클럭 타이밍을 제어하며, 샘플링 클럭 오프셋량과 공통 위상잡음의 영향으로 발생한 각 부반송파의 왜곡되고 회전된 위상을 보상한 후 전송 채널특성을 추정하여 신호를 복원하기 때문에 보다 정밀한 신호 복원의 효과가 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

순차적으로 수신된 오에프디엠 신호에서 m 번째 심볼과 $m+1$ 번째 심볼간의 상관 관계로부터 오에프디엠 신호의 전송 채널 특성을 추정하여 신호를 복원하는 오에프디엠 신호의 수신 장치에 있어서,

수신된 아날로그 상의 오에프디엠 신호를 디지털신호로 변환하는 ADC;

결정된 타이밍에 의해 발생된 샘플링 클럭에 따라 상기 ADC에서 출력되는 디지털신호를 샘플링하고, 샘플링된 값으로부터 심볼을 찾아 출력하는 제어장치;

상기 제어장치에서 출력된 심볼을 푸리에 변환하여 출력하는 FFT;

상기 FFT에서 출력된 심볼에 대해 공통 위상잡음과 상기 샘플링 클럭 타이밍에 대한 오프셋량을 산출하고, 산출된 값에 따라 상기 심볼을 보상하며, 상기 샘플링 클럭 타이밍에 대한 오프셋량을 상기 제어장치에 제공하는 연산장치;

상기 연산장치에서 보상되어 출력된 심볼을 통하여 채널 특성 값을 추정하는 채널 추정수단;

상기 채널추정수단에서 출력된 채널특성 값을 기반으로, 상기 FFT로부터 출력된 심볼의 채널 왜곡을 보상하는 등화장치;로 구비된 것을 특징으로 하는 오에프디엠 신호의 수신장치.

【청구항 2】

제 1항에 있어서,

상기 제어장치는, 상기 샘플링 클럭의 타이밍에 대한 오프셋량에 대응하여 상기 샘플링 타이밍을 결정하는 제어수단;

결정된 상기 샘플링 타이밍에 따라 상기 제어수단으로부터 출력되는 샘플링 클럭에 맞춰 상기 ADC에서 출력되는 디지털신호를 샘플링하여 출력하는 보간수단; 및

상기 보간수단에서 출력된 신호로부터 오에프디엠 심볼의 시작 위치를 검출하여 심볼 단위로 출력하는 검출수단;을 구비하는 것을 특징으로 하는 오에프디엠 신호의 수신장치.

【청구항 3】

제 1항에 있어서,

상기 연산장치는, 상기 FFT로부터 출력된 신호를 저장하는 저장수단;

상기 저장수단에 저장된 m 번째 심볼과 $m+1$ 번째 심볼로부터 샘플링 클럭의 타이밍에 대한 오프셋량과 공통 위상잡음을 추정하여 출력하는 추정수단;

상기 추정수단에서 출력된 상기 샘플링 클럭의 타이밍에 대한 오프셋 량과 공통 위상잡음의 추정값을 기반으로 샘플링 클럭 타이밍에 대한 오프셋과 공통 위상잡음이 보상된 심볼을 상기 채널추정수단에 출력하는 보상수단;을 구비하는 것을 특징으로 하는 오에프디엠 신호의 수신장치.

【청구항 4】

제 3항에 있어서,

상기 보상수단은 입력된 상기 샘플링 클럭 타이밍에 대한 오프셋량을 상기 제어장치에 출력하는 것을 특징으로 하는 오에프디엠 신호의 수신장치.

【청구항 5】

제 3항에 있어서,

상기 저장수단은, 제1 저장수단과 제2 저장수단을 구비하고,

상기 제1 저장수단은 저장된 m 번째 신호를, 상기 m 번째 신호의 위상왜곡 추정을 위해 상기 추정수단에 출력하고, 상기 m 번째 신호의 채널추정을 위해 상기 채널추정수단에 출력하며,

상기 제2 저장수단은 저장된 $m+1$ 번째 신호를, 상기 m 번째 신호의 위상왜곡을 추정하기 위해 상기 추정수단에 출력하고, 상기 $m+1$ 번째 신호의 위상왜곡 보상을 위해 상기 보상수단에 출력하는 것을 특징으로 하는 오에프디엠 신호의 수신장치.

【청구항 6】

제 5항에 있어서,

상기 추정수단은 상기 제1 및 제2 저장수단으로부터 m 번째 심볼과 $m+1$ 번째 심볼을 각각 입력받아 두 심볼의 위상값을 통하여 상기 샘플링 클럭 오프셋 량과 공통 위상잡음을 추정하는 것을 특징으로 하는 오에프디엠 신호의 수신장치.

【청구항 7】

제 6항에 있어서,

상기 보상수단은 상기 추정수단으로부터 입력된 추정값을 기반으로 상기 제2 저장수단에서 입력받은 $m+1$ 번째 심볼의 샘플링 클럭 오프셋과 공통 위상잡음을 보상하여 상기 채널추정수단에 출력하고, 상기 샘플링 클럭 오프셋 량을 상기 제어장치에 출력하는 것을 특징으로 하는 오에프디엠 신호의 수신장치.

【청구항 8】

순차적으로 수신된 오에프디엠 신호에서 m 번째 심볼과 $m+1$ 번째 심볼간의 상관관계로부터 오에프디엠 신호의 채널을 추정하여 신호를 복원하는 방법에 있어서,

수신된 오에프디엠 심볼을 순차적으로 디지털로 변환하는 제1 단계;

상기 디지털로 변환된 신호를 심볼단위로 검출하여 푸리에 변환한 후, 순차적으로 출력하는 제2 단계;

상기 푸리에 변환되어 순차적으로 출력된 상기 m 번째 심볼과 $m+1$ 번째 심볼을 통해 샘플링 클럭 오프셋 량과 공통 위상잡음을 추정하여 $m+1$ 번째 심볼을 보상하는 제3 단계;

상기 보상된 $m+1$ 번째 심볼로부터 m 번째 심볼의 채널특성을 추정하여, FFT 변환된 m 번째 신호의 왜곡을 보상하는 제4 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 오에프디엠 신호의 채널 추정을 통한 신호 복원 방법.

【청구항 9】

제 8항에 있어서,

상기 제2 단계는,

상기 디지털로 변환된 신호에 대한 샘플링 타이밍을 결정하는 단계;

결정된 상기 샘플링 타이밍에 따라 샘플링된 디지털 신호로부터 오에프디엠 심볼의 시작 위치를 찾아 심볼단위로 출력하는 단계;

상기 심볼에 대해 푸리에 변환을 수행하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 오에프디엠 신호의 채널 추정을 통한 신호 복원 방법.

【청구항 10】

제 8항에 있어서,

상기 제3 단계는,

푸리에 변환된 심볼을 제1 저장수단에는 m 번째 심볼을, 제2 저장수단에는 $m+1$ 번째 심볼을 순차적으로 각각 저장하여 동시에 출력하는 단계;

상기 m 번째 심볼과 $m+1$ 번째 심볼을 통하여 샘플링 클럭 오프셋 량과 공통 위상잡음을 추정하는 단계;

상기 추정된 샘플링 클럭 오프셋 량과 공통 위상잡음을 기반으로 $m+1$ 번째 심볼의 샘플링 클럭 오프셋 량과 공통 위상잡음을 보상하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 오에프디엠 신호의 채널 추정을 통한 신호 복원 방법.

【청구항 11】

제 10항에 있어서,

상기 추정된 샘플링 클럭 오프셋 량을 기반으로 상기 디지털로 변환된 신호에 대한 샘플링 타이밍을 조정하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 오에프디엠 신호의 채널 추정을 통한 신호 복원 방법.

【청구항 12】

제 11항에 있어서,

상기 제 4단계에서,

상기 m 번째 심볼의 부반송파의 위상과 보상된 $m+1$ 번째 심볼의 부반송파의 위상

상호간의 평균을 계산하여 m 번째 심볼의 채널특성을 추정하는 것을 특징으로 하는 오에프디엠 신호의 채널 추정을 통한 신호 복원 방법.

【청구항 13】

제 12항에 있어서,

상기 제 3단계는

상기 m 번째 심볼과 상기 $m+1$ 번째 심볼간의 공통 위상잡음에 의한 위상차와 샘플링 클럭 오프셋에 의한 위상변화의 차를 통하여, 상기 m 번째 심볼에서 발생한 상기 공통 위상잡음과 상기 샘플링 클럭 오프셋 량을 추정하는 것을 특징으로 하는 오에프디엠 신호의 채널 추정을 통한 신호의 복원 방법.

【청구항 14】

제 13항에 있어서,

상기 푸리에 변환되어 출력된 $m+1$ 번째 심볼의 각 부반송파를 m 번째 심볼의 상기 추정된 공통 위상잡음과 샘플링 클럭 오프셋 량 값에 따라 보상하는 것을 특징으로 하는 오에프디엠 신호의 채널 추정을 통한 신호 복원 방법.

【청구항 15】

오에프디엠 신호의 채널추정을 통한 신호 복원방법에 있어서,

샘플링 클럭 오프셋 량과 공통 위상잡음을 추정하는 단계;

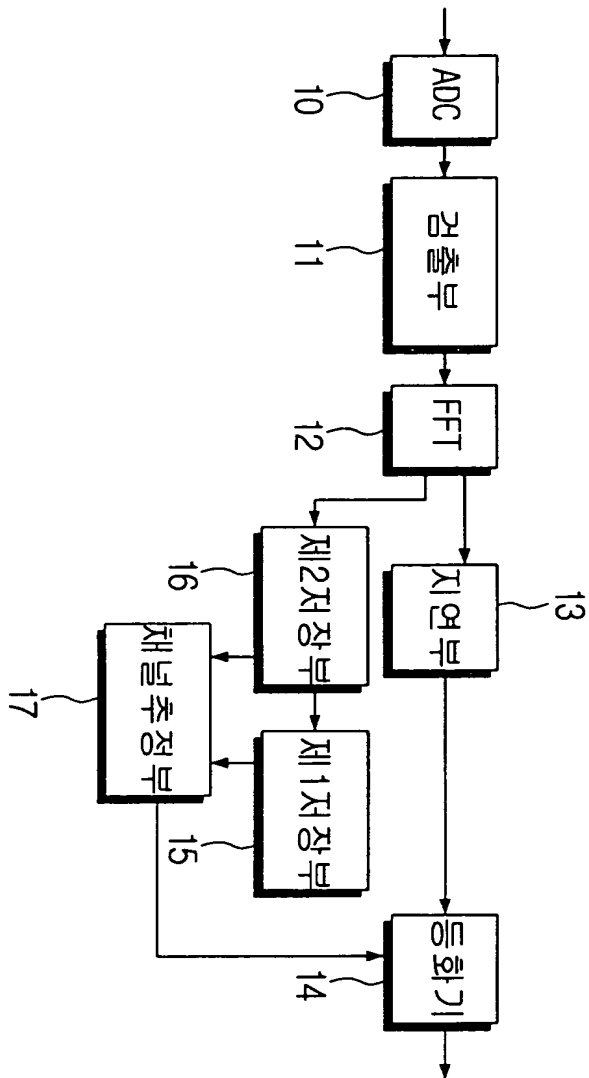
추정된 상기 샘플링 오프셋 량에 따라 상기 오에프디엠 신호의 샘플링 타이밍을 결정하는 단계;

오에프디엠 수신시 샘플링 클럭 오프셋에 의해 발생한 상기 오에프디엠 부반송파의

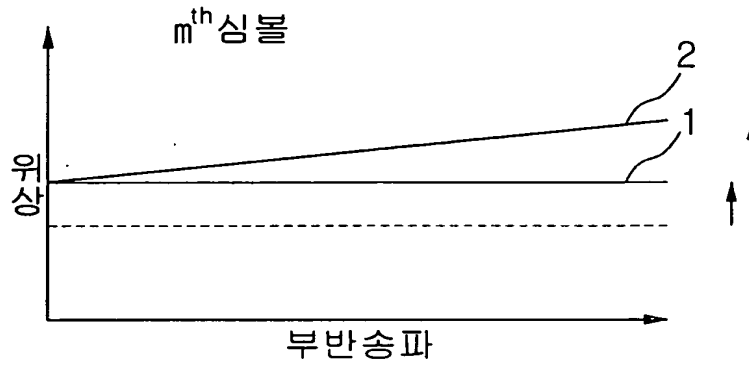
회전된 위상을 보상하는 단계;를 포함하는 특징으로 하는 오에프디엠 신호의 채널 추정
을 통한 신호 복원 방법.

【도면】

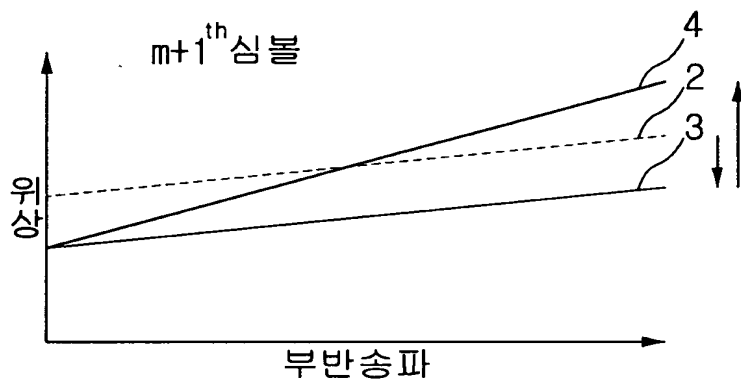
【도 1】



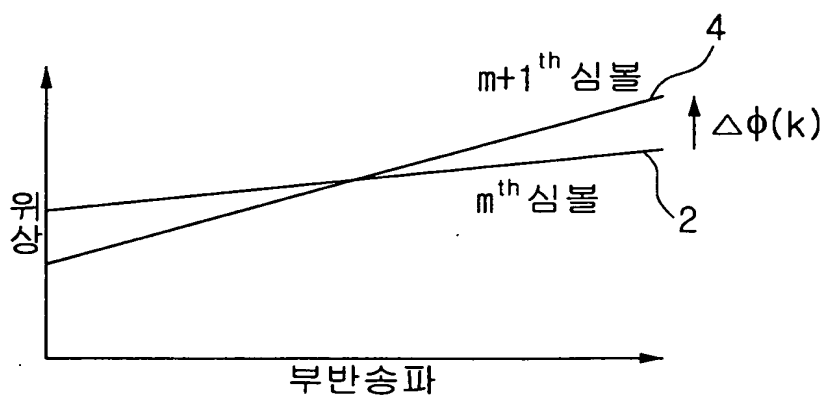
【도 2a】



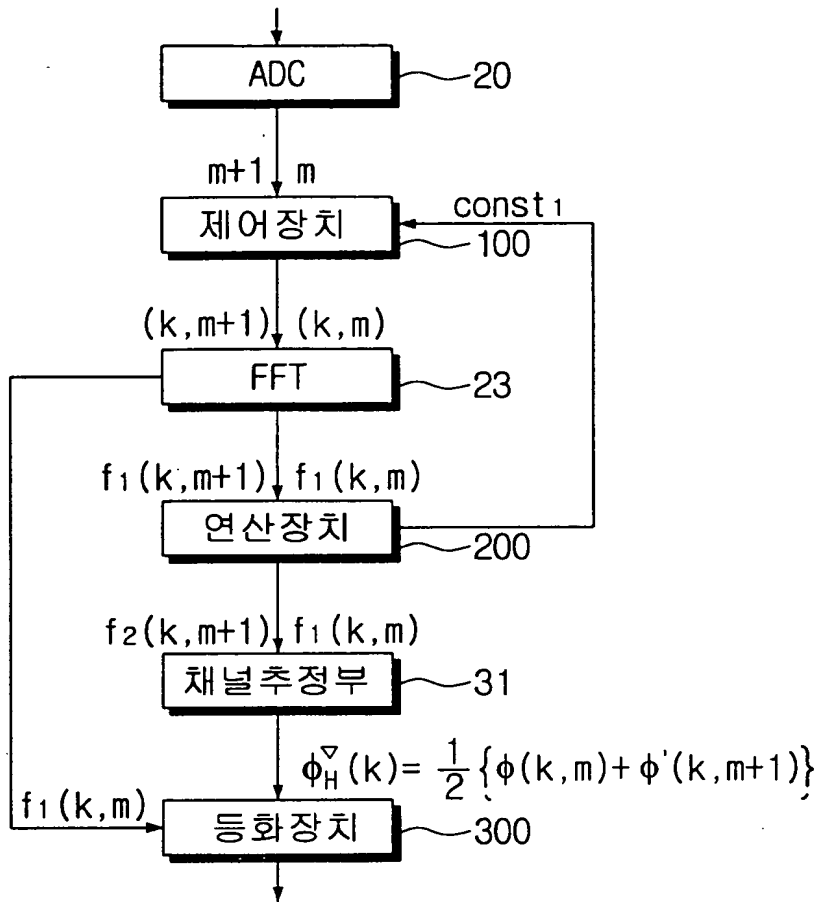
【도 2b】



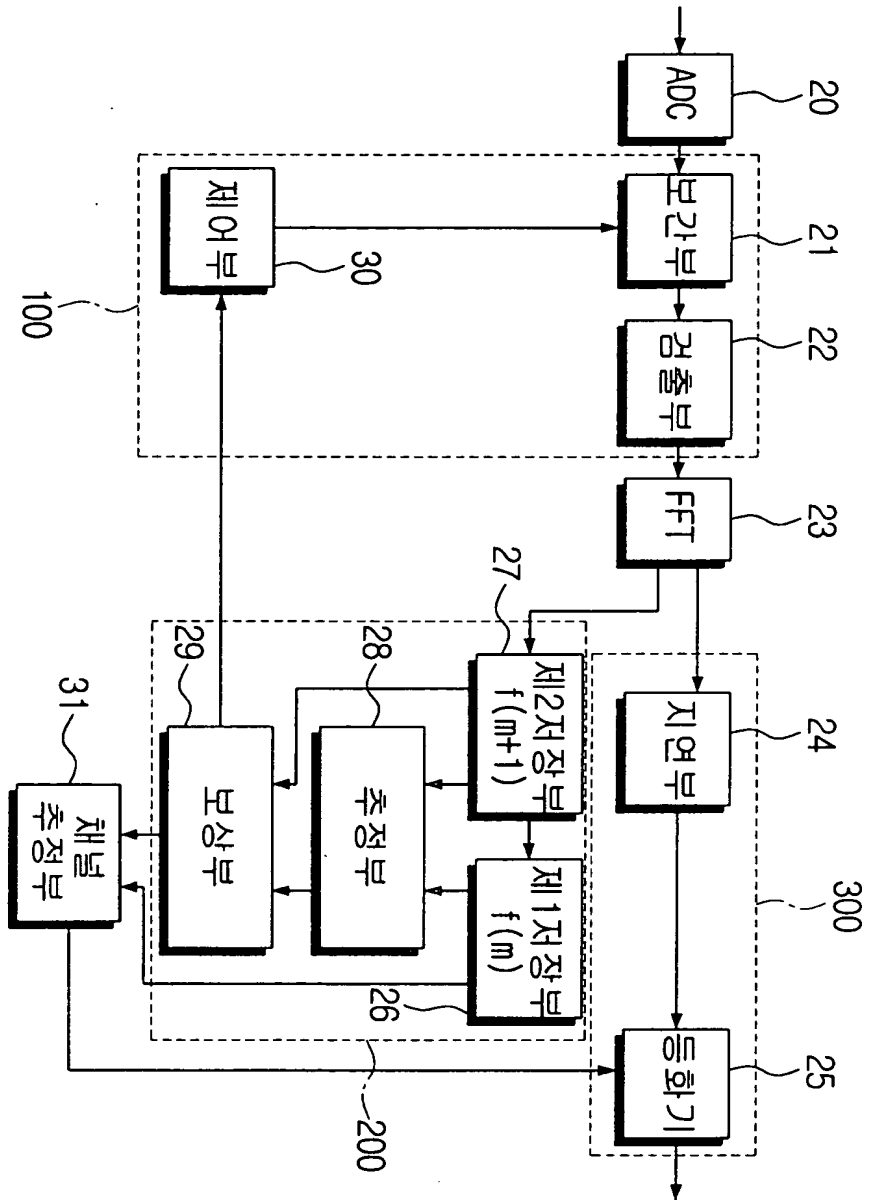
【도 2c】



【도 3】



【도 4】



【도 5】

